

Evaluasi Kinerja Sistem Komunikasi LTE-Advanced dengan Relay Berbasis *Orthogonal Resource Allocation Algorithm*

Farandi Febrianto Pratama, Gamantyo Hendrantoro, dan Devy Kuswidiastuti.
Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
e-mail: gamantyo@ee.its.ac.id

Abstrak— Perkembangan teknologi komunikasi akan memasuki era LTE-Advanced (4G) yang memiliki beberapa kemampuan. Salah satu kemampuan yang dimiliki adalah peningkatan performa tepian sel. Peningkatan performa tersebut, dilakukan dengan meletakkan *relay* pada daerah tepian sel. Dalam teknologi ini terdapat permasalahan mengenai *inter-cell interference* (ICI) dan berpengaruh pada nilai *throughput* pada tepian sel.

Penelitian ini memberikan penjelasan mengenai *Orthogonal Resource Allocation Algorithm* (ORAA) yang diterapkan pada sistem LTE-Advanced dengan *relay*. Dengan menggunakan algoritma yang memiliki kemampuan untuk mengalokasikan sumber frekuensi pada setiap *user* yang ada yang diterapkan pada *relay* dan eNB, pelayanan yang diberikan kepada pengguna yang berada di tepian sel akan memiliki nilai SINR (*Signal to Interference plus Noise Ratio*) dan *throughput* yang lebih tinggi.

Dari hasil pengujian, sistem LTE-Advanced dengan *relay* memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan *relay*. Kinerja tersebut ditunjukkan dengan nilai SINR dan *throughput*. Pada sistem dengan *relay* 50% *user* memiliki SINR diatas 12.69 dB sedangkan pada sistem tanpa *relay* hanya 4.91 dB. Pada sistem dengan *relay* 50% *user* memiliki *throughput* diatas 66.77 Kbps sedangkan pada sistem tanpa *relay* hanya 32.39 Kbps.

Kata Kunci— LTE-A, *relay*, ORAA, SINR, *throughput*.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN teknologi telekomunikasi ditandai dengan semakin meningkatnya teknologi komunikasi yang ada yang semakin memudahkan pengguna. Perkembangan tersebut dapat dilihat dengan semakin meningkatnya kecepatan dalam akses data yang ditawarkan, sehingga dapat menunjang aplikasi yang membutuhkan kecepatan akses data yang tinggi. Perkembangan teknologi sering kali dibagi dalam beberapa generasi, 1G merupakan sistem radio analog bergerak, 2G merupakan sistem *digital mobile* pertama, 3G merupakan sistem dengan data pita lebar (*broadband*) pertama, 4G atau dikenal dengan LTE (*Long Term Evolution*), banyak yang mengklaim bahwa LTE *release* 10 merupakan LTE-A (*Long Term Evolution-Advanced*), merupakan 4G yang sebenarnya dengan keluaran pertama LTE (*release* 8) yang kemudian diberikan label 3.9 G[1].

Dalam perkembangan teknologi yang terbaru saat ini, LTE-A memiliki beberapa kelebihan. Salah satu kelebihan yang dimiliki oleh teknologi ini adalah *relaying*. Kemampuan *relaying* meningkatkan cakupan area serta kapasitas dari

jaringan [2]. Perkembangan teknologi komunikasi yang semakin pesat memberikan kemudahan bagi para pengguna telekomunikasi yang semakin banyak. Kanal pita lebar mampu melakukan pengiriman data berjumlah besar untuk mengimbangi peningkatan jumlah pengguna tersebut. *Relay* memungkinkan sistem untuk dapat memberikan pelayanan yang lebih baik pada daerah tepian sel, yang diukur dengan kualitas penerimaan sinyal dan *throughput*.

Penerapan konsep komunikasi dengan *relay* di Indonesia memiliki peluang yang besar karena perkembangan LTE sudah dimulai [3]. Untuk memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pengguna, maka perlu adanya sebuah konsep yang memberikan cara untuk dapat meningkatkan kemampuan pelayanan dan salah satu cara tersebut adalah memakai *relay* sebagai komponen baru dalam sebuah sistem komunikasi tersebut.

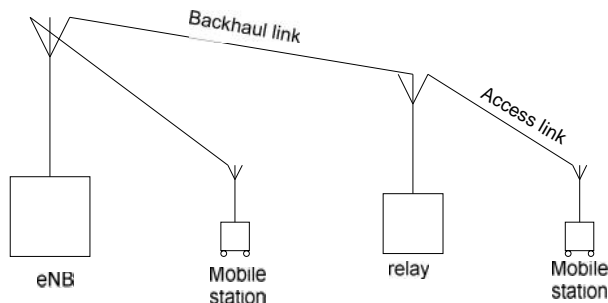
Untuk memberikan penjelasan mengenai kinerja *relay* yang diterapkan pada sistem komunikasi LTE-A dengan menggunakan metoda ORAA, diperlukan sebuah evaluasi kinerja. Dalam evaluasi kinerja tersebut akan dilihat mengenai performa *relay* dengan metode ORAA, dimana performa tersebut dilihat dengan menggunakan parameter SINR dan *throughput*.

II. ARSITEKTUR LTE-ADVANCED DENGAN RELAY

Salah satu tantangan yang muncul pada saat teknologi generasi keempat dikeluarkan adalah meningkatkan *throughput* pada daerah *cell-edge*. LTE-Advanced (*release* 10) memperkenalkan teknologi *relay*[1]. *Relay* yang dipakai pada *release* ini adalah skema *decode and forward*[4]. Salah satu kebutuhan dasar dari teknologi ini adalah kemampuan transparansi dari sistem, dimana terminal tidak harus terlalu memperhatikan apakah akan berhubungan dengan *relay* atau dengan eNB. Sehingga dengan adanya sistem ini, *release* sebelumnya dapat berhubungan, walaupun teknologi *relay* baru diperkenalkan pada *release* 10. Pada teknologi ini, *relay* mampu untuk mengadakan koneksi dengan eNB pusat, yang disebut *self-backhauling*. Istilah *backhaul link* dengan *access link* menjelaskan komunikasi antara eNB-*relay* dan *relay-mobile station*. Arsitektur LTE-Advanced dengan *relay* dapat dilihat pada Gambar 1.

Arsitektur LTE juga dikenal sebagai arsitektur dengan dua bagian[5]. Bagian pertama merupakan *radio access network*

dan bagian kedua merupakan *core network*, dikenal *Envolved Packet Core* (EPC) pada terminologi 3GPP yang terdiri dari *gateway* (GW), *mobile management entity* (MME), dan beberapa bagian lain. GW memberikan fungsi akses secara umum yang menyerupai fungsi *router*. MME dapat berkomunikasi dengan eNB untuk memberikan pelayanan kepada pelanggan yang melakukan permintaan.



Gambar. 1 Arsitektur LTE-Advanced dengan Relay.

Dalam sudut pandang arsitektur LTE-A dengan *relay*, dapat dilihat jika *relay* memiliki dua sisi, sisi *base-station* dan sisi terminal. Sebagai sisi terminal, *relay* melakukan komunikasi dengan *base station* donor atau dikenal dengan istilah *backhaul link*[1].

III. METODE

A. Rancangan Penelitian

Pada proses pengerjaan penelitian ini, hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pembuatan model sistem LTE-Advanced tanpa menggunakan *relay*. Pada tahap ini sistem akan terdiri dari 19 sel dan tiap sel terdapat 1 eNB yang terletak di tengah sel. Setelah itu, dilakukan pembangkitan *user* yang dilakukan secara acak, kemudian *user* tersebut akan melakukan komunikasi langsung dengan eNB. Setelah berkomunikasi, sistem akan melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai SINR kemudian dari nilai tersebut didapatkan nilai throughput.

Pada model kedua, sistem yang digunakan adalah sistem LTE-Advanced menggunakan *relay*. Pada sistem ini, dilakukan penambahan 3 *relay* pada setiap sel, sehingga sistem ini terdiri dari 19 sel, dimana setiap sel terdiri atas 1 eNB dan 3 *relay* yang diletakkan pada daerah *cell-edge*. Untuk proses komunikasi, sistem akan menghitung daya terima terbaik yang didapat oleh *user*, dari nilai daya terima tersebut, maka proses komunikasi akan ditentukan apakah akan melalui *relay* atau langsung melalui eNB. Setelah proses komunikasi terbentuk, sistem akan menghitung nilai SINR dan throughput.

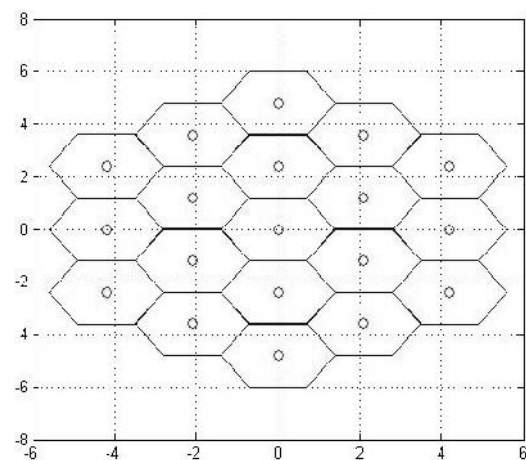
Setelah nilai SINR dan throughput dari kedua sistem tersebut didapatkan. Tahapan selanjutnya yang akan dilakukan adalah analisa perbandingan. Sehingga dapat dilihat sistem mana yang memiliki performa yang lebih baik, dimana performa tersebut dalam Penelitian ini ditentukan oleh nilai SINR dan throughput.

B. Arsitektur Sistem

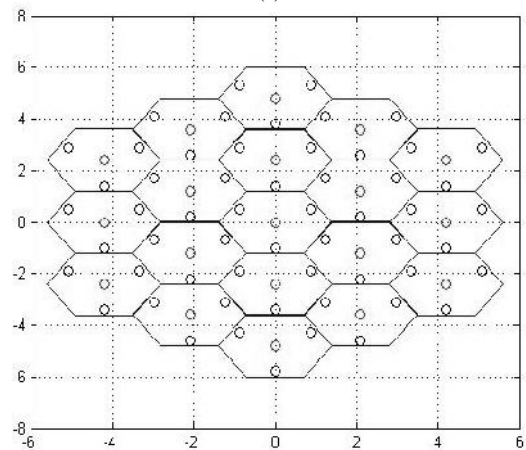
Penelitian kali ini dilakukan dengan membentuk dua arsitektur sistem.

1) Arsitektur dengan Relay

Pada sistem LTE-Advanced tanpa *relay*, akan dilakukan beberapa tahapan. Tahapan yang pertama adalah pembentukan



(a)



(b)

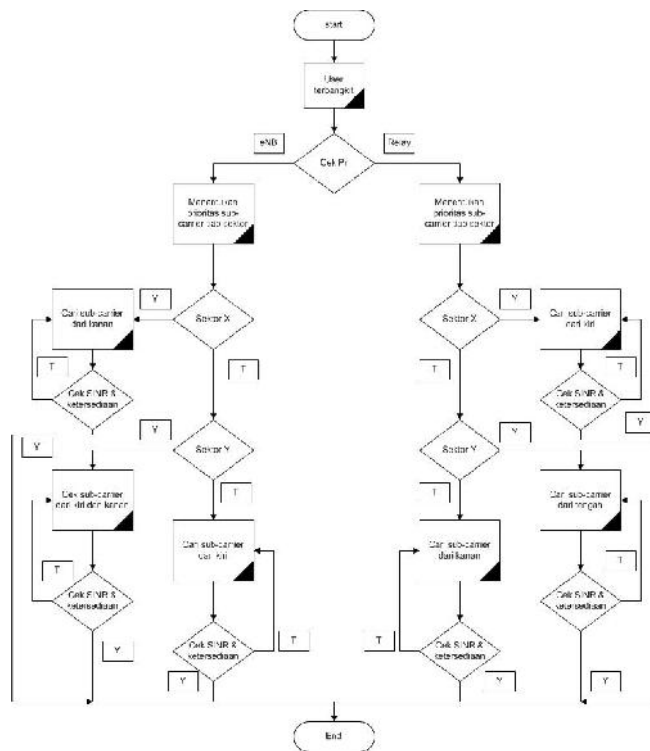
Gambar. 2 Arsitektur LTE-Advanced tanpa Relay(a) dan dengan Relay(b).

arsitektur sistem LTE-Advanced tanpa menggunakan *relay*, dimana sistem terdiri atas 19 sel berbentuk *hexagonal* dan setiap sel terdiri dari 1 eNB. Tahapan yang kedua adalah pembangkitan *user* yang dilakukan secara acak dan berdistribusi *uniform*, dimana *user* hanya akan dibangkitkan pada sel yang berada di tengah dan sel lain merupakan sumber interferensi. Tahapan ketiga adalah penentuan akses *user* berada pada sektor bagian X, Y atau Z. Setelah penentuan sektor, tahapan keempat yang dilakukan adalah perhitungan nilai SINR dan throughput.

2) Arsitektur dengan Relay

Pada sistem LTE-Advanced dengan *relay*, terdapat beberapa tahapan yang dilakukan yang merupakan pengembangan dari sistem tanpa *relay*, dapat dilihat pada Gambar 2. Beberapa tahapan tersebut adalah proses pemilihan akses *user*, apakah akan melalui *relay* atau langsung menuju eNB. Selain itu dalam proses pemilihan alokasi *subcarrier* juga akan dibedakan antara *user* yang mengakses melalui *relay* dengan *user* yang mengakses melalui eNB.

Proses yang terjadi pada sistem LTE-Advanced dengan *relay* memiliki persamaan dengan sistem tanpa *relay*. Tahapan pertama yang dilakukan adalah proses pembentukan sel hexagonal yang terdiri dari 19 sel dan masing-masing sel terdiri atas 1 eNB dan 3 *relay* yang diletakkan pada daerah cell-edge. Tahapan kedua yang dilakukan adalah proses pembangkitan *user*, kemudian setelah *user* terbangkit maka tahapan ketiga adalah penentuan akses *user* apakah *user* akan mengakses *relay* atau langsung melalui eNB kemudian dilakukan evaluasi parameter.



Gambar. 3 Algoritma ORAA

C. Orthogonal Resource Allocation Algoritma

Pada proses penentuan subcarrier, sistem akan mengevaluasi apakah *user* melakukan hubungan dengan *relay* atau langsung melalui eNB. Setelah sistem melakukan evaluasi, maka *user* akan meminta satu alokasi yang digunakan untuk berkomunikasi.

1) Algoritma pada eNB

Algoritma ORAA diimplementasikan pada eNB, baik untuk

komunikasi eNB dengan *relay* (eNB-RN) dan eNB dengan inner mobile station (eNB-IMS). Setiap eNB dan *relay* dapat menggunakan seluruh system bandwidth yang ada. eNB dapat memakai subcarrier yang dipakai oleh *relay* pada sektor lain, karena *relay* memiliki daya pancar yang rendah sehingga mereduksi adanya interferensi. Untuk meminimalisir interferensi dalam satu sektor, maka dipakai skema pencarian subcarrier yang berbeda antara eNB dan *relay*. Agar memperoleh subcarrier yang berbeda antara eNB dan *relay* maka proses pencarian antara eNB dan *relay* dilakukan secara berlawanan. Subcarrier yang tersedia merupakan subcarrier yang tidak digunakan oleh eNB-RN dan B-IMS pada sektor yang sama. Sehingga didapatkan, jika *user* berada pada sektor X, maka eNB akan mencari subcarrier yang tersedia mulai dari paling kanan system bandwidth menuju ke kanan, sebaliknya, maka *relay* akan mencari dari sebelah kanan system bandwidth menuju ke sebelah kiri.

2) Algoritma pada Relay

Algoritma ORAA yang diletakkan pada *relay* untuk dapat berkomunikasi dengan edge MS (RN-eMS). Dengan mengasumsikan, *user* berada pada sektor X area cell-edge, maka system RN akan mulai mencari subcarrier yang tersedia dari system bandwidth dari sebelah kiri menuju kanan. Subcarrier yang tersedia merupakan subcarrier yang tidak digunakan pada satu sektor maupun pada cell-edge lain yang berdekatan. Hal ini berlaku sesuai dengan algoritma ini, dimana jika *user* berada pada cell-edge sektor Y, maka RN akan memulai pencarian dari sistem bandwidth tengah menuju kanan dan kiri. Untuk *user* yang berada di cell-edge sektor Z, maka *user* memulai pencarian dari sebelah kanan sistem bandwidth menuju kiri sistem bandwidth.

D. Perhitungan Performa

Evaluasi performa dari sistem ini ditentukan dengan nilai *throughput* dan SINR. Perhitungan SINR dan *throughput* dilakukan pada setiap user.

Throughput dapat dihitung melalui nilai SINR:

$$T = B \log_2(1 + \text{SINR}) \quad (1)$$

Dimana B merupakan *bandwidth* yang dialokasikan untuk satu user, SINR merupakan SINR dari satu user.

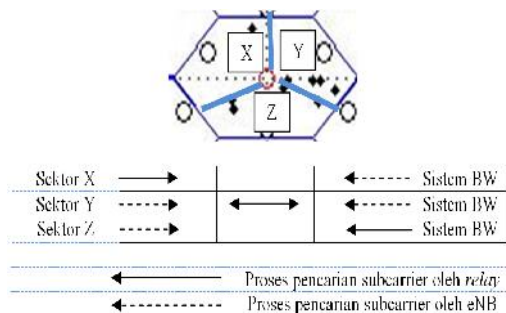
SINR didapatkan melalui:

$$\text{SINR} = \frac{P_r}{I + N} \quad (2)$$

Dimana P_r merupakan daya terima user, I merupakan daya interferensi pada user dan N merupakan *thermal noise*.

IV. ANALISIS HASIL SIMULASI

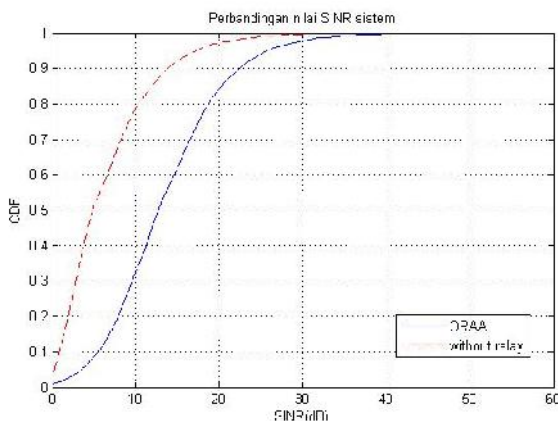
Pada bagian ini akan dibahas mengenai analisis hasil simulasi sistem LTE-Advanced dengan *relay* dan sistem LTE-Advanced tanpa *relay*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai SINR dan *throughput* dari masing-masing sistem komunikasi kemudian akan membandingkannya. Selain itu akan dibahas mengenai perubahannya terhadap banyaknya *user* yang mengakses sistem ini.



Gambar. 4 Skema ORAA

A. Analisis Perbandingan Nilai Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR)

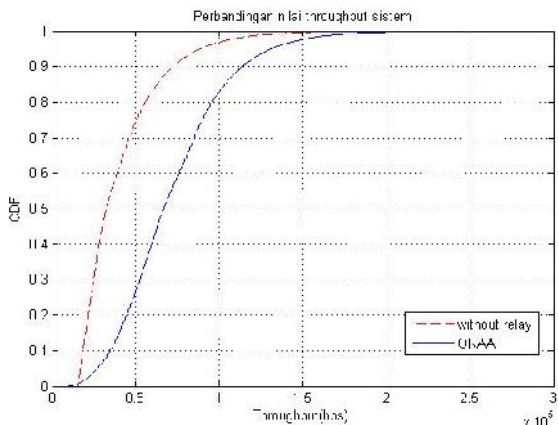
Dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 5, terdapat perbedaan grafik SINR antara sistem yang menggunakan *relay* dengan sistem yang tidak menggunakan *relay*. Pada saat SINR bernilai 4 dB, sistem LTE-Advanced dengan *relay* memiliki probabilitas sebesar 0.0605 sedangkan pada sistem yang tidak menggunakan *relay* memiliki probabilitas sebesar 0.4255. Pada sistem dengan *relay*, nilai tersebut menunjukkan bahwa pada saat *user* memiliki SINR kurang dari 4 dB, maka kemungkinan *user* dengan SINR bernilai 4 dB adalah 0.0605 atau lebih kecil jika dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan *relay*.



Gambar. 5 Grafik SINR Downlink

B. Analisis Perbandingan Nilai Throughput

Pada Gambar 6 akan diamati pada throughput bernilai 34.83 Kbps. Pada sistem LTE-Advanced dengan *relay*, pada saat throughput memiliki nilai kurang dari atau sama dengan 34.83 Kbps maka kemungkinannya adalah 0.1013, sedangkan pada sistem LTE-Advanced yang tidak menggunakan *relay* memiliki kemungkinan sebesar 0.5416. Jika dilakukan perbandingan antara kedua nilai tersebut, maka nilai tersebut menunjukkan bahwa pada saat sistem dengan *relay* probabilitas *user* yang memiliki throughput kurang dari 34.83 Kbps lebih adalah 0.1013, dimana nilai tersebut menunjukkan *user* yang memiliki throughput diatas 34.83 Kbps pada sistem



Gambar. 6 Grafik Throughput

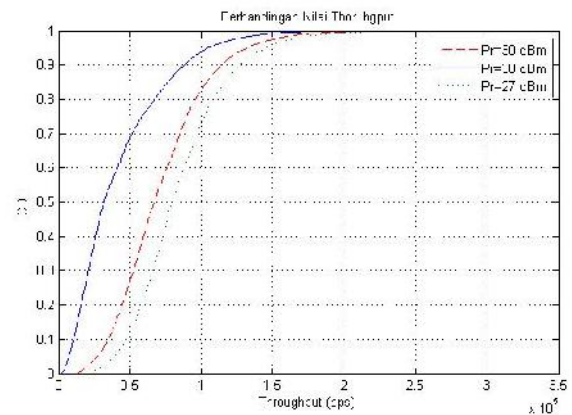
dengan *relay* lebih banyak jika dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan *relay*.

C. Perbandingan Daya Pancar Relay

Pada simulasi ini akan digunakan tiga daya pancar yang berbeda. Daya pancar tersebut bernilai 27 dBm, 30 dBm, dan 38 dBm. Daya pancar yang dilakukan pada sistem sebelumnya adalah 30 dBm untuk *relay* dan 43 dBm untuk eNB. Pada sistem ini, peletakan *relay* tidak dilakukan perubahan baik pada sistem agar dapat melihat pengaruh yang ditimbulkan oleh perubahan daya pancar saja.

1) Perbandingan Nilai Throughput

Pada Gambar 7 dapat dilihat grafik terdiri dari 3 grafik nilai *throughput*. Nilai *throughput* berwarna biru dan bergaris mulus merupakan *throughput* dengan daya pancar *relay* sebesar 27 dBm, *throughput* berwarna merah dan bergaris putus-putus merupakan *throughput* dengan daya pancar sebesar 30 dBm, dan *throughput* berwarna hijau dan bergaris titik-titik merupakan *throughput* dengan daya pancar sebesar 38 dBm. Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa nilai *throughput* mengalami perubahan ketika diterapkan daya pancar yang berbeda. Pada saat daya pancar *relay* bernilai 27 dBm maka 50% dari *user throughput* memiliki *throughput* sebesar 79.32 Kbps, sedangkan pada *relay* dengan daya pancar 30 dBm dan 38 dBm bernilai 66.79 Kbps dan 31.99 Kbps. Hal ini dapat terjadi karena pada saat daya pancar *relay* dinaikkan maka interferensi antar sel akan semakin meningkat sehingga mempengaruhi nilai SINR kemudian berpengaruh pada nilai *throughput*.



Gambar. 7 Perbandingan Throughput dari tiga daya pancar relay

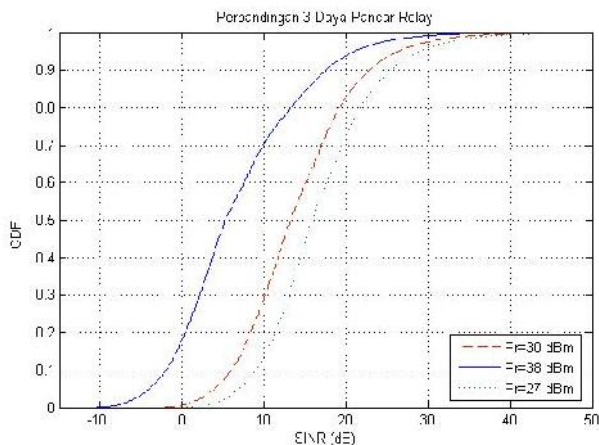
2) Perbandingan Nilai SINR

Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa, pada saat daya pancar *relay* dinaikkan dari 27 dBm menuju 30 dBm, maka terjadi penurunan nilai SINR. Hal ini juga terjadi pada saat nilai daya pancar dari sistem dinaikkan menjadi 38 dBm.

Sistem akan menghasilkan SINR yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem yang memiliki daya pancar yang lebih rendah. Hal ini terjadi akibat interferensi yang muncul pada sistem dengan daya pancar *relay* yang lebih tinggi. Dengan semakin meningkatnya daya pancar *relay* maka daya interferensi yang terjadi akan semakin besar dan akan berpengaruh pada nilai SINR sistem.

Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa, pada saat daya pancar *relay* dinaikkan dari 27 dBm menuju 30 dBm, maka

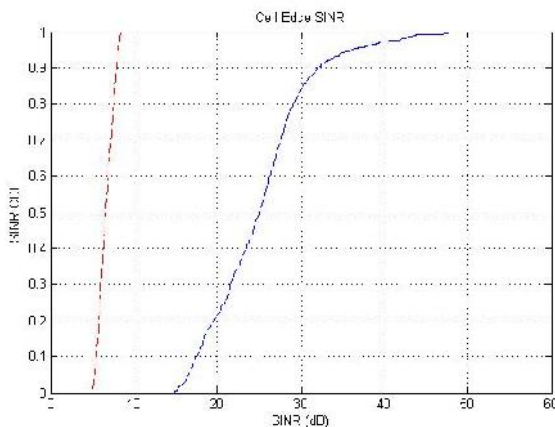
terjadi penurunan nilai SINR. Hal ini juga terjadi pada saat nilai daya pancar dari sistem dinaikkan menjadi 38 dBm. Sistem akan menghasilkan SINR yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sistem yang memiliki daya pancar yang lebih rendah. Hal ini terjadi akibat interferensi yang muncul pada sistem dengan daya pancar *relay* yang lebih tinggi. Dengan semakin meningkatnya daya pancar *relay* maka daya interferensi yang terjadi akan semakin besar dan akan berpengaruh pada nilai SINR sistem.



Gambar. 8 Perbandingan SINR dari tiga daya pancar relay

D. Perbandingan SINR User pada Tepian Sel

Pada Gambar 9, jika kita memperhatikan CDF pada probabilitas 0.5, maka SINR mengalami peningkatan dari 6.576 dB menjadi 25.02 dB. Hal tersebut dapat dilihat pada grafik CDF, dimana untuk sistem yang tidak menggunakan *relay*, sistem memiliki SINR yang lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai SINR yang dimiliki oleh sistem yang menggunakan *relay*. Hal ini menunjukkan kalau peletakkan *relay* pada daerah cell-edge memberikan performa yang lebih baik jika dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan *relay*. Kondisi tersebut dapat terjadi karena daya pancar yang diterima oleh *user* pada sistem dengan *relay* akan lebih baik karena *user* dilayani oleh *relay*, sedangkan pada sistem tanpa *relay* memiliki kualitas daya pancar yang lebih buruk, karena batasan cakupan dari daya pancar eNB (base station).



Gambar. 9 Perbandingan SINR pada cell-edge

V. KESIMPULAN

Setelah melakukan pemodelan sistem dan analisa data, didapatkan kesimpulan bahwa kualitas SINR dan *throughput* pada sistem LTE-Advanced dengan *relay* lebih baik jika dibandingkan dengan sistem tanpa *relay*. Hal tersebut dapat dilihat pada sistem dengan relay 50% *user* memiliki SINR diatas 12.69 dB sedangkan pada sistem tanpa relay hanya 4.91 dB dan pada sistem dengan relay 50% *user* memiliki *throughput* diatas 66.77 Kbps sedangkan pada sistem tanpa relay hanya 32.39 Kbps.

Selain itu, semakin tinggi daya pancar *relay*, maka kualitas performa sistem pada daerah *cell-edge* akan semakin baik. Namun terdapat batas maksimum daya pancar relay yaitu 38 dBm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui program kreativitas mahasiswa bidang penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Dahlman, Stevan Parkvall, dan Johan Skold. "4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband", Elsevier Ltd, USA, (2011).
- [2] W. Lee, Minh-Viet Nguyen, Jeonghan Jeong, Byungjik Keum, Hwang Soo Lee. "An Orthogonal Resource Allocation Algorithm to Improve the Performance of OFDMA-based Cellular Wireless Systems using Relays". IEEE CCNC proceedings. (2008) 917-921.
- [3] A. Suryadhi. 2010. "Menanti Gempita LTE di Indonesia". <http://www.detikinet.com/read/2010/04/01/173448/1330487/328/menanti-gegap-gempita-lte-di-indonesia> (diakses tanggal 11 Oktober 2011).
- [4] K. Zheng, Bin Fan, Zhangchao Ma, Guangyi Liu, Xiaodong Shen, and Wenbo Wang. "Multihop Cellular Networks toward LTE-Advanced: its architecture and performance", IEEE Vehicular Technology magazine, (2009) 40-47.
- [5] M. Sacristan, David., Daniel Calaibug, Jose F. Monserrat, Jorge Cabrejas-Penuelas, Salvador Garrigas, dan Narcis Cardona. "On the Way towards Fourth-Generation Mobile: 3GPP LTE and LTE-Advanced". EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking. Hindawi Publishing Corporation (2009).